

· 综述 ·

不同微创椎管减压术在腰椎管狭窄症中的研究进展



舒涛¹, 吴帝求¹, 沈茂²

1. 贵州医科大学临床医学院(贵阳 550004)

2. 贵州医科大学附属医院骨科(贵阳 550004)

【摘要】目的 对不同微创椎管减压术治疗腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 的应用及进展进行综述。**方法** 广泛查阅国内外应用不同微创椎管减压术治疗 LSS 的相关文献, 对不同术式的优缺点及并发症进行综述。**结果** 目前微创椎管减压术主要包括经通道显微镜下腰椎管减压术、椎间盘镜下腰椎管减压术、经皮内窥镜下腰椎管减压术、单侧双通道脊柱内镜技术等。与传统开放手术相比, 各微创椎管减压术均能减少手术时间、术中失血量及患者术后疼痛, 进而减少住院时间并节省治疗费用。**结论** 不同微创椎管减压术适应证不同, 但都存在一定优势和不足。当患者有明确手术指征时, 需根据患者症状及体征, 结合影像学表现, 制定个性化治疗方案。

【关键词】 椎管减压术; 腰椎管狭窄症; 单侧双通道脊柱内镜技术; 经皮内窥镜下腰椎管减压术

Research progress of different minimally invasive spinal decompression in lumbar spinal stenosis

SHU Tao¹, WU Diqu¹, SHEN Mao²

1. Guizhou Medical University, School of Clinical Medicine, Guiyang Guizhou, 550004, P. R. China

2. Department of Orthopaedics, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang Guizhou, 550004, P. R. China

Corresponding author: SHEN Mao, Email: 842477249@qq.com

【Abstract】Objective To review the application and progress of different minimally invasive spinal decompression in the treatment of lumbar spinal stenosis (LSS). **Methods** The domestic and foreign literature on the application of different minimally invasive spinal decompression in the treatment of LSS was extensively reviewed, and the advantages, disadvantages, and complications of different surgical methods were summarized. **Results** At present, minimally invasive spinal decompression mainly includes microscopic bilateral decompression, microendoscopic decompression, percutaneous endoscopic lumbar decompression, unilateral biportal endoscopy, and so on. Compared with traditional open surgery, different minimally invasive spinal decompression techniques can reduce the operation time, intraoperative blood loss, and postoperative pain of patients, thereby reducing hospital stay and saving treatment costs. **Conclusion** The indications of different minimally invasive spinal decompression are different, but there are certain advantages and disadvantages. When patients have clear surgical indications, individualized treatment plans should be formulated according to the symptoms and signs of patients, combined with imaging manifestations.

【Key words】 Spinal decompression; lumbar spinal stenosis; unilateral biportal endoscopy; percutaneous endoscopic lumbar decompression

Foundation item: Funds Supported by the Science and Technology Program of Guizhou Province (Guizhou Science and Technology Cooperation Foundation-ZK[2021]General 395)

腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 是一种脊柱退行性疾病, 在世界范围内约 30% 老年人

可能患有 LSS^[1]。随着我国进入人口老龄化阶段, 老年人口总数持续增长, LSS 发病率也逐年上升。椎管狭窄的原因主要有髓核脱水、关节负荷增大, 造成小关节增生、椎间隙狭窄、黄韧带肥厚等。

目前 LSS 治疗方法包括保守治疗和手术治疗。研究表明, 经过专业的医疗护理、集体锻炼或

DOI: 10.7507/1002-1892.202303110

基金项目: 贵州省科技计划项目 (黔科合基础-ZK [2021] 一般 395)

通信作者: 沈茂, Email: 842477249@qq.com



个性化锻炼, LSS 症状会明显改善^[2]。但当患者出现明显下肢疼痛症状, 要求立即解除症状或经保守治疗 3~6 个月后, 下肢疼痛症状仍然存在时, 则应行手术治疗^[3]。传统椎管减压术包括全椎板切除术、半椎管切除术和椎板开窗术, 对于未合并腰椎滑脱的患者, 这 3 种术式均能取得满意效果。但上述手术对后方骨质和肌肉结构的广泛破坏会导致脊柱稳定性降低, 脊柱旁肌肉无力和萎缩; 同时手术造成巨大死腔为细菌定植或神经和硬膜周围瘢痕形成提供了理想空间, 会导致慢性疼痛甚至再次手术^[4]。目前对于 LSS 的微创手术治疗方法包括单纯微创椎管减压和减压后行椎体融合^[5-6], 二者目标皆是解除椎管内的神经受压状态, 缓解患者不适症状。而相关研究表明, 对于累及 1~2 个相邻椎体节段的 LSS 患者, 在术后 2~5 年随访期间, 减压后行椎体融合疗效并未优于单纯微创椎管减压^[7]。因此, 本文主要从单纯微创椎管减压术来进行阐述。

随着脊柱外科不断发展, 对于未合并腰椎滑脱或侧凸的单节段 LSS 患者, 单纯微创减压术能解决绝大多数患者的症状^[8]。与传统椎管减压术相比, 微创椎管减压术可减少手术时间、术中失血量和患者术后疼痛, 进而减少住院时间并节省治疗费用^[9-12]。目前微创椎管减压术主要包括经通道显微镜下腰椎管减压术 (microscopic bilateral decompression, MBD)、椎间盘镜下腰椎管减压术 (micro-endoscopic decompression, MED)、经皮内窥镜下腰椎管减压术 (percutaneous endoscopic lumbar decompression, PELD)、单侧双通道脊柱内镜技术 (unilateral biportal endoscopy, UBE) 等, 各术式均有各自的特点。本文就这几种微创椎管减压术研究进展综述如下, 旨在为临床仅能行单纯椎管减压术治疗的患者选择合适手术方式提供参考。

1 MBD

MBD 为常规椎板开窗减压术的改良。1988 年 Young 等^[13]首次报道应用 MBD 对 LSS 患者进行对侧椎板间减压, 减压较充分, 患者满意度较高。该技术又被称为“显微镜下经单侧入路双侧减压术”, 术中应用弧形骨刀对对侧受压神经进行充分减压, 并保留对侧关节、肌肉和后部韧带复合体, 同时尽量减少对同侧关节的破坏^[14]。因此, 该技术能在空气介质下对存在单侧或双侧症状的单节段 LSS 进行治疗, 并取得良好疗效。与传统开放式椎板切除术相比, MBD 减少了手术时间、术中失血

量、患者术后疼痛和住院时间, 从而减少治疗费用, 取得了良好的长期疗效^[9]。

但 MBD 也存在一定局限性。首先, 由于器械通过小切口进入, 很难到达对侧; 其次, 在部分患者手术中, 显微镜需要过度倾斜才能进行减压, 术者需要不断变换方向; 最后, 对肥胖或体质量较大患者, 采用 MBD 会导致对侧减压不充分, 患者症状得不到缓解^[15]。另外, MBD 术后也存在传统术式相关并发症, 如减压不充分、出现轻微腰椎滑脱以及术中因操作空间狭窄有损伤血管、神经风险等。

2 MED

1997 年, Foley 和 Smith 首次报道一种微创脊柱外科新技术——MED。MED 首先应用于腰椎间盘突出症治疗中, 后逐步在 LSS 患者中广泛应用^[16]。黎庆初等^[10]对 L 形反向刮匙及弧形凿等配套 MED 手术器械进行改良, 并应用改良后的工作通道和适合椎间盘镜下的改良器械减压治疗 LSS, 具有手术创伤小、术后恢复快、并发症少、减压充分等优点, 证实改良器械的应用扩大了椎间盘镜下手术的适应证。此外, MED 的独特优势在于术者术中可双手同时操作, 利用放置在连续扩张器上的小直径 (14~20 mm) 管状牵引器, 在腰椎旁肌束之间创造了一条通往腰椎的手术路径, 并将管状牵引器固定在手术台上, 避免了传统术式多裂肌从脊柱分离的情况^[17]。

可见, MED 是治疗 LSS 的一种有效手术方式。但其不足之处在于通道较为狭窄, 助手对主刀医师的辅助有限^[18]; 另外, 在学习 MED 的早期, 由于术者操作技术不熟练, 存在术中出血量较多的问题, 在经历 30 例手术后出血量会稳定在 15 mL 左右^[19]。MED 手术并发症与传统开放椎管减压术相似, Shriver 等^[20]的一项系统回顾研究报道, MED 术后复发率为 3.1%, 直接神经损伤 0.9%, 术后神经功能障碍加重 3.0%, 血肿形成 1.2%, 切口感染 1.2%。术中硬脊膜撕裂是 MED 最常见并发症, 发生率达 7%~10%^[21-23]。

3 PELD

PELD 主要包括经皮内窥镜经椎间孔入路椎管减压术 (percutaneous endoscopic transforaminal decompression, PETD) 和经皮内窥镜椎板间入路椎管减压术 (percutaneous endoscopic interlaminar decompression, PEID) 两种术式。



3.1 PETD

经椎间孔入路最初是指 Yeung 提出的一种自内向外技术，即内窥镜脊柱系统 (Yeung endoscopic spine system, YESS) 技术，他们采用该技术治疗 307 例腰椎间盘突出症患者，患者满意率达 89.2%^[24]。后 Hoogland 等^[25]在 YESS 技术基础上，提出了经椎间孔内窥镜脊柱系统 (transforaminal endoscopic surgical system, TESSYS) 技术。与 YESS 技术不同，TESSYS 技术是一种由外向内的技术，这两种技术统称为 PETD。

PETD 手术的关键步骤是椎间孔成形，但随着高速磨钻以及环锯等配套手术器械的不断改进，主刀医师可按需对椎间孔成形。所以，PETD 治疗椎间孔狭窄以及侧隐窝狭窄时，均获得了良好疗效，最大限度减少了出口及走行神经根损伤，提示 PETD 是一种有效、安全的手术方式^[26-28]。此外，PETD 通过局部麻醉和轻度镇静即可进行手术，Yin 等^[29]对 47 例 70 岁以上 LSS 患者行 PETD 治疗，术中均采用局部麻醉，既能减少全身麻醉对患者造成的损伤，同时心肺功能无法耐受全身麻醉的患者也能通过手术减少 LSS 引起的不适症状。最后，得益于生理盐水的持续冲洗及内窥镜放大视野的作用，手术过程中能更清晰显示脊柱解剖结构及其细节。与传统开放融合手术治疗 LSS 相比，PETD 具有手术创伤小、康复快、术中出血量少、相邻节段退变风险低及术后护理费用低等优势^[8, 11, 29-30]。但 PETD 存在以下几点局限性：①对于腰椎不稳定或翻修的 LSS 患者，其疗效较差^[31]；②当病变节段为 L₅、S₁ 时，由于高髂嵴阻挡或椎间孔狭窄，PETD 准确穿刺难度较其他节段更大，手术难度增高^[32]；③ PETD 术中需要对目标节段进行精准穿刺，才能建立良好的工作通道，避免对正常结构造成过多破坏；④ PETD 术中需要反复多次透视，会增加患者辐射暴露及手术费用。

PETD 主要并发症与 MED 相似，包括切口感染、硬脊膜撕裂、直接或间接性神经根损伤、马尾神经损伤、硬膜外血肿、减压不充分导致术后复发等^[4, 33]。但是，其切口感染概率较 MED 低 (0.41% vs. 1.2%)，主要原因是 PETD 为水介质下操作且手术切口更小^[5, 20]。其并发症主要与年龄、重度肥胖、腰椎高度退变以及术中过度切除椎间隙固有结构等因素有关^[34-35]。

3.2 PEID

与 PETD 一致，PEID 最早也主要用于腰椎间盘突出症的治疗。2006 年，Ruetten 等^[36]首次报道

采用 PEID 治疗 331 例腰椎间盘突出症患者，术后 2 年随访结果显示，82% 患者腿部疼痛症状基本消失，13% 患者疼痛明显缓解，可见 PEID 治疗腰椎间盘突出症疗效确切。后随着器械不断改良，PEID 逐步应用于 LSS 治疗。

LSS 根据狭窄位置不同，分为中央型狭窄、侧隐窝狭窄及椎间孔狭窄，PETD 主要针对侧隐窝和椎间孔狭窄患者，但配套工具不断更新，使得 PETD 治疗重度腰椎中央型狭窄也能取得良好近期疗效^[37]。而 PEID 从椎板间建立手术通道，无椎间孔限制和骨盆干扰，可以为内窥镜提供更好的移动性，手术空间较 PETD 大，处理椎间盘及侧隐窝软组织较方便，所以对有明确适应证的侧隐窝狭窄以及中央型狭窄采用 PEID 治疗，可获得良好疗效^[38-40]。此外，PEID 可处理腰椎多节段以及双侧侧隐窝狭窄病变^[41]，并且与 PETD 一致，PEID 术中在生理盐水持续冲洗下，其冲洗压力能保持静脉压迫，使术中出血量少，辅之内窥镜对手术视野的放大，使手术周围解剖结构更为清晰^[42]。与 PETD 不同的是，PEID 对于高髂棘 L₅、S₁ 节段 LSS 有明显优势，主要原因是 PEID 可以避免髂嵴阻挡，穿刺更快，手术时间更短；而 PETD 穿刺技巧要求高，术中辐射暴露次数多^[8, 39]。

PEID 的并发症与 PETD 无明显差异，包括硬脊膜撕裂、感染、神经根损伤、减压不充分、复发甚至再次手术等；但 PEID 处理椎间盘时，往往需要牵拉硬膜囊，患者发生硬脊膜撕裂的风险较 PETD 高，因此术中应避免过度牵拉硬膜囊^[35]。

4 UBE

UBE 技术是 1996 年由 Daniel 首次报道的一种经皮全内窥镜技术，与其他内窥镜方法不同，UBE 手术通过棘突两侧的 2 个切口进行操作，1 个观察通道、1 个操作通道，在水介质和内窥镜辅助下，操作视野较 PELD 更广，且具有清晰放大作用，术者可进行精确减压^[43-44]。近年来，随着双通道理论不断完善、操作器械不断革新以及微创理念不断深入，UBE 已广泛用于治疗不同类型腰椎间盘突出症及复发性腰椎间盘突出症、椎体滑脱、LSS，不仅能进行单纯减压，还能进行椎体融合，甚至用于治疗不同颈、胸椎疾病^[45-48]。

Heo 等^[49]通过对 UBE、PELD 及 MBD 3 种手术方式进行对比研究，认为 UBE 和 PELD 是治疗腰椎中央型狭窄症的有效方法，也是传统显微外科减压的替代方法之一。此外，与 PELD 行双侧减压相



比, UBE 进行双侧减压时手术时间明显短于 PELD 且术后满意率稍高, 两组术中并发症主要为硬脊膜撕裂, 但两组并发症发生率差异无统计学意义^[12]。因此, UBE 开展范围较 PELD 广, 主要原因有两点: 其一, UBE 赋予了操作工具更大的操作范围、灵活度和选择范围, 常规关节镜器械均可使用, 手术过程中与开放手术器械相配合即可进行手术, 在应对复杂性 LSS 时具有一定优势; 其二, 学习曲线较 PELD 短, 相关研究表明术者通过 24 例 UBE 手术就能达到稳定操作水平, 经验丰富的关节镜医师能较快掌握 UBE 技术, 具有一定学习曲线优势^[50-51]。但 UBE 对脊柱后方韧带复合体破坏较 PELD 大, 术中对正常小关节及峡部椎板的医源性破坏会影响脊柱稳定性^[52]。此外, 对于合并脊柱不稳的患者, 应在 UBE 辅助下加以融合, 不能单独行 UBE 减压^[53]。

UBE 的并发症主要有颅内压增高、传统关节镜射频电凝造成的神经热损伤、硬脊膜撕裂以及血管损伤^[12, 52, 54]。为了在一定程度上避免相关并发症, 应注意以下几点: ① 生理盐水注入时应控制其高度, 使其压力在 3.99 kPa 以下; ② 应使用低压射频电凝器代替传统关节镜射频电凝器; ③ 如果硬脊膜和黄韧带之间粘连紧密, 为保持硬脊膜完整, 只需剥离黄韧带外层, 不必过分苛求将粘连区域充分剥离; ④ 术中对手术部位可进行多次荧光成像, 避免切除正常结构。

5 总结与展望

LSS 发病率逐年上升, 该疾病不仅影响患者日常功能, 而且对患者生活质量有重大影响。

上述几种微创椎管减压术式均能有效解决患者疼痛症状, 与传统开放手术相比, 这些术式均减少了手术时间、术中失血量及患者术后疼痛, 进而减少住院时间及节省治疗费用^[9-12]。目前的主流微创椎管减压术为 PELD 和 UBE, 对于无明显腰椎滑脱及侧凸的 LSS, 水介质下的 UBE 和 PELD 得益于生理盐水的持续冲洗及内窥镜放大视野的作用, 较 MBD 及 MED 创伤更小、术后恢复时间短、脊柱后方结构破坏更小。但 UBE 与 PELD 之间也有明显区别, 研究表明 UBE 较 PELD 失血量多、住院时间长以及住院费用高, 而 PELD 对骨质增生明显和神经根粘连严重的老年患者, 减压疗效不确切^[55]。

当患者有明确手术指征时, 不管选择单纯椎管减压还是减压后加以融合, 都需根据患者症状、体征及术前影像学表现综合判断。需从患者自身意

愿、家庭经济状况以及适合的术式综合考虑, 制定个性化治疗方案, 提高患者生存质量。

利益冲突 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突; 课题经费支持不影响文章观点

作者贡献声明 舒涛: 内容构思和设计、查阅文献及论文撰写; 吴帝求: 辅助文献收集; 沈茂: 论文审阅和修改

参考文献

- 1 Kalichman L, Cole R, Kim DH, et al. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J*, 2009, 9(7): 545-550.
- 2 Schneider MJ, Ammendolia C, Murphy DR, et al. Comparative clinical effectiveness of nonsurgical treatment methods in patients with lumbar spinal stenosis: A randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*, 2019, 2(1): e186828. doi: 10.1001/jamanetworkopen. 2018.6828.
- 3 谢瑞, 于杰, 梁龙, 等. 腰椎管狭窄患者的手术和非手术治疗: 丹麦国家临床指南解读. *天津中医药*, 2020, 37(1): 33-37.
- 4 Mobbs RJ, Li J, Sivabalan P, et al. Outcomes after decompressive laminectomy for lumbar spinal stenosis: comparison between minimally invasive unilateral laminectomy for bilateral decompression and open laminectomy: clinical article. *J Spine Surg*, 2014, 21(2): 179-186.
- 5 Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 1041. doi: 10.1186/s12891-021-04940-z.
- 6 Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg*, 2015, 1(1): 2-18.
- 7 Försth P, Ólafsson G, Carlsson T, et al. A randomized, controlled trial of fusion surgery for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med*, 2016, 374(15): 1413-1423.
- 8 Li H, Ou Y, Xie F, et al. Linical efficacy of percutaneous endoscopic lumbar discectomy for the treatment of lumbar spinal stenosis in elderly patients: a retrospective study. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 441. doi: 10.1186/s13018-020-01968-0.
- 9 Hwa Eum J, Hwa Heo D, Son SK, et al. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results. *J Neurosurg Spine*, 2016, 24(4): 602-607.
- 10 黎庆初, 谭斌, 刘雄文, 等. 显微内窥镜下应用改良器械减压治疗腰椎管狭窄症. *中国脊柱脊髓杂志*, 2008, (5): 341-344.
- 11 Song Q, Zhu B, Zhao W, et al. Full-endoscopic lumbar decompression versus open decompression and fusion surgery for the lumbar spinal stenosis: A 3-year follow-up study. *J Pain Res*, 2021, 14: 1331-1338.
- 12 Hua W, Liao Z, Chen C, et al. Clinical outcomes of uniportal and biportal lumbar endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression in patients with lumbar spinal stenosis: A retrospective pair-matched case-control study. *World Neurosurg*, 2022, 161: e134-e145.
- 13 Young S, Veerapen R, O'Laoire SA. Relief of lumbar canal stenosis



- using multilevel subarticular fenestrations as an alternative to wide laminectomy: preliminary report. *Neurosurgery*, 1988, 23(5): 628-633.
- 14 Chen T, Zhou G, Chen Z, et al. Biportal endoscopic decompression vs. microscopic decompression for lumbar canal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *Exp Ther Med*, 2020, 20(3): 2743-2751.
- 15 Wu J, Guan T, Tian F, et al. Comparison of biportal endoscopic and microscopic decompression in treatment of lumbar spinal stenosis: A comparative study protocol. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(30): e21309. doi: 10.1097/MD.0000000000021309.
- 16 Zhou X, Zhang L, Zhang H L, et al. Clinical outcome and postoperative CT measurements of microendoscopic decompression for lumbar spinal stenosis. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(6): 243-250.
- 17 Clark AJ, Safaee MM, Khan NR, et al. Tubular microdiscectomy: techniques, complication avoidance, and review of the literature. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2): E7. doi: 10.3171/2017.5.FOCUS17202.
- 18 Suzuki A, Nakamura H. Microendoscopic lumbar posterior decompression surgery for lumbar spinal stenosis: Literature review. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(3): 384. doi: 10.3390/medicina58030384.
- 19 Nomura K, Yoshida M. Assessment of the learning curve for microendoscopic decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis through an analysis of 480 cases involving a single surgeon. *Global Spine J*, 2017, 7(1): 54-58.
- 20 Shriner MF, Xie JJ, Tye EY, et al. Lumbar microdiscectomy complication rates: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Focus*, 2015, 39(4): E6. doi: 10.3171/2015.7.FOCUS15281.
- 21 Arts MP, Brand R, van den Akker ME, et al. Tubular discectomy vs conventional microdiscectomy for sciatica: a randomized controlled trial. *JAMA*, 2009, 302(2): 149-158.
- 22 Teli M, Lovi A, Brayda-Bruno M, et al. Higher risk of dural tears and recurrent herniation with lumbar micro-endoscopic discectomy. *Eur Spine J*, 2010, 19(3): 443-450.
- 23 German JW, Adamo MA, Hoppenot RG, et al. Perioperative results following lumbar discectomy: comparison of minimally invasive discectomy and standard microdiscectomy. *Neurosurg Focus*, 2008, 25(2): E20. doi: 10.3171/FOC/2008/25/8/E20.
- 24 Yeung AT, Tsou PM. Posteriorlateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(7): 722-731.
- 25 Hoogland T, Schubert M, Miklitz B, et al. Transforaminal posterolateral endoscopic discectomy with or without the combination of a low-dose chymopapain: a prospective randomized study in 280 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(24): E890-E897.
- 26 Lewandrowski KU. Incidence, management, and cost of complications after transforaminal endoscopic decompression surgery for lumbar foraminal and lateral recess stenosis: A value proposition for outpatient ambulatory surgery. *Int J Spine Surg*, 2019, 13(1): 53-67.
- 27 Yeung A, Roberts A, Zhu L, et al. Treatment of soft tissue and bony spinal stenosis by a visualized endoscopic transforaminal technique under local anesthesia. *Neurospine*, 2019, 16(1): 52-62.
- 28 Song QP, Hai B, Zhao WK, et al. Full-endoscopic foraminotomy with a novel large endoscopic trephine for severe degenerative lumbar foraminal stenosis at L₅ S₁ level: An advanced surgical technique. *Orthop Surg*, 2021, 13(2): 659-668.
- 29 Yin G, Huang B, Wang C, et al. Therapeutic effects of full endoscopic spine surgery via transforaminal approach in elderly patients with lumbar spinal stenosis: A retrospective clinical study. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2021, 55(2): 166-170.
- 30 Lv Z, Jin L, Wang K, et al. Comparison of effects of PELD and fenestration in the treatment of geriatric lumbar lateral recess stenosis. *Clin Interv Aging*, 2019, 14: 2187-2194.
- 31 Xie P, Feng F, Chen Z, et al. Percutaneous transforaminal full endoscopic decompression for the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 546. doi: 10.1186/s12891-020-03566-x.
- 32 Fan G, Wang T, Hu S, et al. Isocentric navigation of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy at the L₅/S₁ level in difficult puncture cases: A technical note. *Pain Physician*, 2017, 20(4): E531-E540.
- 33 Yue JJ, Long W. Full endoscopic spinal surgery techniques: Advancements, indications, and outcomes. *Int J Spine Surg*, 2015, 9: 17. doi: 10.14444/2017.
- 34 Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Indications and complications. *Pain Physician*, 2020, 23(1): 49-56.
- 35 Ahn Y. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: technical tips to prevent complications. *Expert Rev Med Devices*, 2012, 9(4): 361-366.
- 36 Ruetten S, Komp M, Godolias G. A New full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6-mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invasive Neurosurg*, 2006, 49(2): 80-87.
- 37 张斌, 孔清泉, 杨进, 等. 经皮内镜下经椎间孔入路双侧减压治疗重度腰椎中央管狭窄症近期疗效. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(11): 1399-1405.
- 38 Lee CH, Choi M, Ryu DS, et al. Efficacy and safety of full-endoscopic decompression via interlaminar approach for central or lateral recess spinal stenosis of the lumbar spine: A meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43(24): 1756-1764.
- 39 Nie H, Zeng J, Song Y, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L₅-S₁ disc herniation via an interlaminar approach versus a transforaminal approach: A prospective randomized controlled study with 2-year follow up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 Suppl 19: B30-B37.
- 40 Komp M, Hahn P, Oezdemir S, et al. Bilateral spinal decompression of lumbar central stenosis with the full-endoscopic interlaminar versus microsurgical laminotomy technique: a prospective, randomized, controlled study. *Pain Physician*, 2015, 18(1): 61-70.
- 41 Yadav YR, Parihar V, Kher Y, et al. Endoscopic inter laminar management of lumbar disease. *Asian J Neurosurg*, 2016, 11(1): 1-7.
- 42 Dowling Á, Lewandrowski KU, da Silva FHP, et al. Patient selection protocols for endoscopic transforaminal, interlaminar, and translaminar decompression of lumbar spinal stenosis. *J Spine Surg*, 2020, 6(Suppl 1): S120-S132.
- 43 Rita AD, Levi V, Gribaudi GL, et al. The interlaminar contralateral approach to far-lateral lumbar disc herniations: a singlecenter



- comparison with traditional techniques and literature review. *J Neurosurg Sci*, 2023, 67(2): 191-199.
- 44 Pao JL, Lin SM, Chen WC, et al. Unilateral biportal endoscopic decompression for degenerative lumbar canal stenosis. *J Spine Surg*, 2020, 6(2): 438-446.
- 45 Kim N, Jung SB. Percutaneous unilateral biportal endoscopic spine surgery using a 30-degree arthroscope in patients with severe lumbar spinal stenosis: A technical note. *Clin Spine Surg*, 2019, 32(8): 324-329.
- 46 Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2): E8. doi: 10.3171/2017.5.FOCUS17146.
- 47 孔凡国, 周全, 乔杨, 等. 单侧双通道内镜下与微创通道下经椎间孔腰椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的疗效比较. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(5): 592-599.
- 48 Kang MS, Park HJ, You KH, et al. Comparison of primary versus revision lumbar discectomy using a biportal endoscopic technique. *Global Spine J*, 2022. doi: 10.1177/21925682211068088.
- 49 Heo DH, Lee DC, Park CK. Comparative analysis of three types of minimally invasive decompressive surgery for lumbar central stenosis: biportal endoscopy, uniportal endoscopy, and microsurgery. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(5): E9. doi: 10.3171/2019.2.FOCUS197.
- 50 Chen L, Zhu B, Zhong HZ, et al. The learning curve of unilateral biportal endoscopic (UBE) spinal surgery by CUSUM analysis. *Front Surg*, 2022, 9: 873691. doi: 10.3389/fsurg.2022.873691.
- 51 余可谊. 单侧双通道脊柱内镜技术的发展简史、全球现状与中国使命. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(10): 1181-1185.
- 52 Choi CM. Biportal endoscopic spine surgery (BESS): considering merits and pitfalls. *J Spine Surg*, 2020, 6(2): 457-465.
- 53 Choi CM, Chung JT, Lee SJ, et al. How I do it? Biportal endoscopic spinal surgery (BESS) for treatment of lumbar spinal stenosis. *Acta Neurochir (Wien)*, 2016, 158(3): 459-463.
- 54 王彬, 武振方, 何鹏, 等. 单侧双通道脊柱内镜技术并发症及处理的研究进展. *医学研究生学报*, 2021, 34(7): 756-760.
- 55 Jiang HW, Chen CD, Zhan BS, et al. Unilateral biportal endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation: a retrospective study. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 30. doi: 10.1186/s13018-022-02929-5.

收稿日期: 2023-03-26 修回日期: 2023-06-01

本文编辑: 王雁